

CLIPPEDIMAGE= JP409153643A
PAT-NO: JP409153643A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09153643 A
TITLE: GROUP III NITRIDE SEMICONDUCTOR DEVICE

PUBN-DATE: June 10, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME
KOIKE, MASAYOSHI
ASAMI, SHINYA
OZAWA, TAKAHIRO
KACHI, TORU

ASSIGNEE-INFORMATION:

| NAME | COUNTRY |
|----------------------------------|---------|
| TOYODA GOSEI CO LTD | N/A |
| TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC | N/A |

APPL-NO: JP07338115

APPL-DATE: November 30, 1995

INT-CL_(IPC): H01L033/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance the performance of an element composed by using a group III nitride semiconductor by making the thickness of a specified layer a specific value.

SOLUTION: A light emitting diode 10 has a buffer layer 2 of AlN formed on a sapphire substrate 1. And, on the buffer layer 2, a high-carrier-concentration n<SP>+</SP> layer 3 composed of GaN, an n layer 4 composed of GaN, a luminous layer 5 composed of InGaN, a p layer 61 composed of AlGaN, and a contact layer 62 composed of GaN are formed in order on the buffer layer 2. A base layer is the high-carrier-concentration n<SP>+</SP> layer 3, and an element layer is composed of line n layer 4, the luminous

layer 5, the p layer 61, and the contact layer 62. And the thickness of the laser layer 3 is 10-50 μ m. By making the thickness of GaN being the base layer 3 10-50 μ m in this way, inside stress by the differences between the lattice constants and the coefficients of thermal expansion of the sapphire substrate 1 and GaN is eased. In addition, the defect density of crystal lattices lowers by the decrease of misfit dislocation. As the result of this, the luminous efficacy increases.

COPYRIGHT: (C)1997, JPO

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-153643

(43)公開日 平成9年(1997)6月10日

(51)Int.Cl.⁶
H 01 L 33/00

識別記号

庁内整理番号

F I
H 01 L 33/00

技術表示箇所
C

審査請求 未請求 請求項の致5 FD (全5頁)

(21)出願番号 特願平7-338115
(22)出願日 平成7年(1995)11月30日

(71)出願人 000241463
豊田合成株式会社
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畠1
番地
(71)出願人 000003609
株式会社豊田中央研究所
愛知県愛知郡長久手町大字長瀬字横道41番
地の1
(72)発明者 小池 正好
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畠1
番地 豊田合成株式会社内
(74)代理人 弁理士 藤谷 優

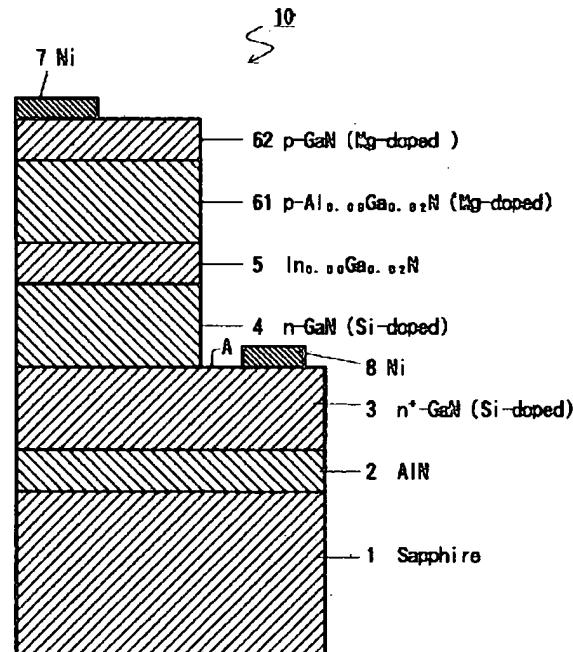
最後頁に続く

(54)【発明の名称】 3族窒化物半導体素子

(57)【要約】

【課題】3族窒化物半導体を用いた素子の性能を向上させること。

【解決手段】基板1と基板上に形成されたバッファ層2とそのバッファ層上に形成された3族窒化物半導体から成る基底層3とその基底層上に形成された3族窒化物半導体から成る素子層4, 5, 61, 62とを有する半導体素子10において、基底層3の厚さを10~50μmとした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】基板と基板上に形成されたバッファ層とそのバッファ層上に形成された3族窒化物半導体から成る基底層とその基底層上に形成された3族窒化物半導体から成る素子層とを有する半導体素子において、前記基底層の厚さを10～50μmとしたことを特徴とする3族窒化物半導体素子。

【請求項2】前記基底層はAl_xIn_yGa_{1-x-y}Nであることを特徴とする請求項1に記載の3族窒化物半導体素子。

【請求項3】前記バッファ層はAlN、GaN、Al_xGa_{1-x}N、Al_xIn_yGa_{1-x-y}Nのうちの何れか1つであることを特徴とする請求項1に記載の3族窒化物半導体素子。

【請求項4】前記素子層は3族窒化物半導体から成る発光素子を有することを特徴とする請求項1に記載の3族窒化物半導体素子。

【請求項5】前記基板はサファイア基板であることを特徴とする請求項1に記載の3族窒化物半導体素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、3族窒化物半導体素子の素子機能を向上させたものに関する。

【0002】

【従来技術】従来、サファイア基板上にバッファ層を形成して、そのバッファ層上にGaNから成る基底層を厚さ1～3μmに形成し、その基底層上にInAlGaNから成るヘテロ接合の発光層を形成した発光素子が知られている。この発光素子の各層の形成は有機金属化合物気相成長法(MOVPE)により形成されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、このような素子においては、発光層のエッチピット密度が10⁷/cm²と高く、高輝度発光素子が得られない原因となっている。この原因は、サファイア基板とGaNとの格子定数の差が大きいことが主たる原因となっている。本発明者は、この発光層の結晶性を向上させるために各種実験した結果、GaNの基底層の厚さを10～50μmとすることで、発光層のエッチピット密度を大きく減少させることができることを見い出した。

【0004】本発明は、このような発見に基づくものであり、その目的は、3族窒化物半導体を用いた素子の性能を向上させることである。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明の特徴は、基板と基板上に形成されたバッファ層とそのバッファ層上に形成された3族窒化物半導体から成る基底層とその基底層上に形成された3族窒化物半導体から成る素子層とを有する半導体素子において、基底層の厚さを10～50μmとしたことである。

【0006】基底層をこの厚さに形成することで、素子層のエッチピット密度を大きく低下させることができ、

その結果として素子の性能を向上させることができた。

【0007】本発明は、3族窒化物半導体を異種物質の基板上に形成する場合に応用できる。特に、基板をサファイア、バッファ層をAlN、基底層をGaN、AlInGaNとして、その基底層の上にInAlGaN等の3族窒化物半導体から成る発光ダイオード、レーザダイオード、受光素子、その他の機能素子を形成するのに有効である。

【0008】

【発明の実施の形態】

第1実施例

図1において、発光ダイオード10は、サファイア基板1を有しており、そのサファイア基板1上に500ÅのAlNのバッファ層2が形成されている。そのバッファ層2の上には、順に、膜厚約20μm、電子濃度2×10¹⁸/cm³のシリコンドープGaNから成る高キャリア濃度n⁺層3、膜厚0.5μm、電子濃度5×10¹⁷/cm³のシリコンドープのGaNから成るn層4、膜厚約0.05μmのIn_{0.08}Ga_{0.92}Nから成る発光層5、膜厚約1.0μm、ホール濃度5×10¹⁷/cm³、濃度1×10²⁰/cm³にマグネシウムがドープされたAl_{0.08}Ga_{0.92}Nから成るp層61、膜厚約0.2μm、ホール濃度7×10¹⁷/cm³、マグネシウム濃度2×10²⁰/cm³のマグネシウムドープのGaNから成るコンタクト層62が形成されている。そして、コンタクト層62上にはその層62に接合するNiから成る電極7が形成されている。さらに、高キャリア濃度n⁺層3の表面の一部は露出しており、その露出部上にその層3に接合するNiから成る電極8が形成されている。尚、基底層は高キャリア濃度n⁺層3であり、素子層はn層4、発光層5、p層61、コンタクト層62で構成されている。

【0009】次に、この構造の発光ダイオード10の製造方法について説明する。上記発光ダイオード10は、有機金属化合物気相成長法(以下「MOVPE」と記す)による気相成長により製造された。用いられたガスは、NH₃とキャリアガスH₂又はN₂とトリメチルガリウム(Ga(CH₃)₃)(以下「TMG」と記す)とトリメチルアルミニウム(Al(CH₃)₃)(以下「TMA」と記す)とトリメチルイソジウム(In(CH₃)₃)(以下「TMI」と記す)と、シラン(SiH₄)と、ジエチル亜鉛(以下、「DEZ」と記す)とシクロペンタジエニルマグネシウム(Mg(C₅H₅)₂)(以下「CP₂Mg」と記す)である。

【0010】まず、有機洗浄及び熱処理により洗浄したa面を正面とする厚さ100～400μmの単結晶のサファイア基板1をMOVPE装置の反応室に載置されたサセプタに装着する。次に、常圧でH₂を流速2liter/分で反応室に流しながら温度1100°Cでサファイア基板1を気相エッチングした。

【0011】次に、温度を400°Cまで低下させて、H₂を20liter/分、NH₃を10liter/分、TMAを1.8×10⁻⁵モル/分で供給してAlNのバッファ層2が約500Åの厚さに形成された。次に、サファイア基板1の温度を1150

℃に保持し、H₂を20 liter/分、NH₃を10 liter/分、TMGを 1.7×10^{-4} ル/分、H₂ガスにより0.86ppmに希釈されたシランを 20×10^{-8} mol/分で300分供給して、膜厚約20μm、電子濃度 $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコンドープのGaNから成る高キャリア濃度n⁺層3を形成した。

【0012】次に、サファイア基板1の温度を1150℃に保持し、N₂又はH₂を10 liter/分、NH₃を10 liter/分、TMGを 1.12×10^{-4} モル/分、及び、H₂ガスにより0.86ppmに希釈されたシランを 1×10^{-8} mol/分で、7分供給して、膜厚約0.5 μm、濃度 $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ のシリコンドープのGaNから成るn層4を形成した。

【0013】続いて、温度を850℃に保持し、N₂又はH₂を20 liter/分、NH₃を10 liter/分、TMGを 1.53×10^{-4} モル/分、及び、TMIを 2.0×10^{-4} モル/分、DEZを 4.0×10^{-7} モル/分、シランを 3.0×10^{-9} モル/分で、6分間供給して0.05μmのIn_{0.08}Ga_{0.92}Nから成る亜鉛とシリコンとをドープした発光層5を形成した。

【0014】続いて、温度を1100℃に保持し、N₂又はH₂を20 liter/分、NH₃を10 liter/分、TMGを 1.12×10^{-4} モル/分、TMAを 0.47×10^{-4} モル/分、及び、CP₂Mgを 2×10^{-4} モル/分で60分間導入し、膜厚約1.0 μmのマグネシウム(Mg)ドープのAl_{0.08}Ga_{0.92}Nから成るp層61を形成した。p層61のマグネシウムの濃度は $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ である。この状態では、p層61は、まだ、抵抗率 $10^8 \Omega\text{cm}$ 以上の絶縁体である。

【0015】続いて、温度を1100℃に保持し、N₂又はH₂を20 liter/分、NH₃を10 liter/分、TMGを 1.12×10^{-4} モル/分、及び、CP₂Mgを 4×10^{-4} モル/分の割合で4分間導入し、膜厚約0.2 μmのマグネシウム(Mg)ドープのGaNから成るコンタクト層62を形成した。コンタクト層62のマグネシウムの濃度は $2 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ である。この状態では、コンタクト層62は、まだ、抵抗率 $10^8 \Omega\text{cm}$ 以上の絶縁体である。

【0016】次に、図3に示すように、コンタクト層62の上に、スパッタリングによりSiO₂層9を2000Åの厚さに形成し、そのSiO₂層9上にフォトレジスト10を塗布した。そして、フォトリソグラフにより、図3に示すように、コンタクト層62において、高キャリア濃度n⁺層3に対する電極形成部位A'のフォトレジスト10を除去した。次に、図4に示すように、フォトレジスト10によって覆われていないSiO₂層9をBHF等のフッ化水素酸系エッチング液で除去した。続いて、フォトレジスト10を除去した。

【0017】次に、上記試料をアニール炉に配置し、塩素ガスを流して、1000℃で60分間加熱した。この処理により、コンタクト層62、p層61、発光層5、n層4がエッチングされ、図5に示すように、高キャリア濃度n⁺層3に対する電極取出しのための孔Aが形成された。

【0018】この処理により、コンタクト層62、p層

61は、それぞれ、ホール濃度 $7 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 、 $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 、抵抗率 $2\Omega\text{cm}$ 、 $0.8 \Omega\text{cm}$ のp伝導型半導体となつた。

【0019】次に、試料の上面に、一様にNiを蒸着し、フォトレジストの塗布、フォトリソグラフィ工程、エッチング工程を経て、図1に示すように、高キャリア濃度n⁺層3及びコンタクト層62に対する電極8、7を形成した。その後、上記の如く処理されたウエハを各チップに切断して、発光ダイオードチップを得た。

【0020】このようにして得られた発光素子の発光スペトルを測定したところ、駆動電流20mAで、発光ピーク波長450nm、発光強度2000mcdであった。

【0021】上記の実施例では、エッチングにおいて、1000℃の塩素ガス雰囲気が用いられたが、塩素ガスの他、水素ガス、塩化水素ガスを用いることができる。さらに、塩素ガス、水素ガス、塩化水素ガスのうち、2種類又は3種類の混合ガスを用いても良い。ガス雰囲気の温度範囲は、800～1200℃において高いエッチングレート $10 \sim 1000 \text{ \AA}/\text{分}$ が得られた。保護膜にはSiO₂を用いたがSi₃N₄を用いても良い。

【0022】発光層5のバンドギャップが両側に存在するp層61とn層4のバンドギャップよりも小さくなるようなダブルヘテロ接合に形成されている。又、発光層5とp層61の成分比は、GaNの高キャリア濃度n⁺層の格子定数に一致するように選択されている。

【0023】次に、基底層の厚さを変化させて、エッチピット密度を測定した結果について説明する。a面のサファイア基板1上に上記の条件でAlNのバッファ層2を500 Åの厚さに形成した後、基底層としてGaNのn⁺層3を上記条件で厚さだけを各種変化させて形成した。n⁺層3の厚さに対するエッチピット密度の測定結果を図6に示す。図6からn⁺層3の厚さを10倍にすれば、エッチピット密度は1/100に減少していることが分かる。従来の素子では、n⁺層3の厚さは1～3μmであるので、エッチピット密度は $10^7/\text{cm}^2$ である。n⁺層3の厚さを10～50μmとすることで、エッチピット密度を $10^6 \sim 4 \times 10^4/\text{cm}^2$ に減少させることができる。これは、従来素子に比べて、1/10～1/1000にエッチピット密度を減少させることができる意味している。

【0024】次に、上記と同様にして、基底層として不純物無添加のGaN層を厚さを各種変化させて形成し、その基底層の上にマグネシウム添加のGaN層を形成し、その層のカソードルミネッセンス強度を測定した。基底層の厚さとカソードルミネッセンス強度との関係を図7に示す。尚、この実験は、サファイア基板のa面とc面とに対して行われた。

【0025】a面のサファイア基板を用いた場合には、基底層のGaNの厚さを2.5μmから44μmと18倍にすることで、バンド間遷移による発光強度が2倍に増加し、アクセプタ準位を介する遷移による発光強度が

1.6倍に向かっているのが理解される。又、c面のサファイア基板を用いた場合には、基底層のGaNの厚さを1.8μmから4.4μmと1.4倍にすることで、バンド間遷移による発光強度が1.3倍に増加し、アクセプタ準位を介する遷移による発光強度が1.2倍に向上しているのが理解される。

【0026】このように、基底層であるGaNの厚さを1.0~5.0μmとすることにより、サファイア基板とGaNとの格子定数及び熱膨張率の差による内部ストレスが緩和され、さらに、ミスフィット転位が減少することにより、結晶格子欠陥密度が低下している。この結果、発光効率の向上が見られる。

【0027】尚、上記実施例では、n層4にGaNを用いているが、n伝導型のAlGaN, AlInGaNを用いても良い。又、発光層5にはInGaN等の単層及び多重の量子井戸構造を用いても良い。さらに、基板としては、サファイアの他、SiC、ZnOを用いることができる。又、バッファ層にはGaN、AlGaN、InAlGaN、基底層には任意組成比のInAlGaN等の3族窒化物半導体を用いても同様な効果が得られる。

【0028】上記実施例は発光ダイオードについて説明したが、レーザダイオード、光電気変換素子、FETやその他の半導体素子であっても良い。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の具体的な第1実施例に係る発光ダイオードの構成を示した構成図。

【図2】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図3】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図4】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図5】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図6】基底層の厚さとエッチピット密度との関係を示した測定図。

【図7】基底層の厚さとカソードルミネッセンス強度との関係を示した測定図。

【符号の説明】

10…発光ダイオード

1…サファイア基板

2…バッファ層

3…高キャリア濃度n⁺層

20 4…n層

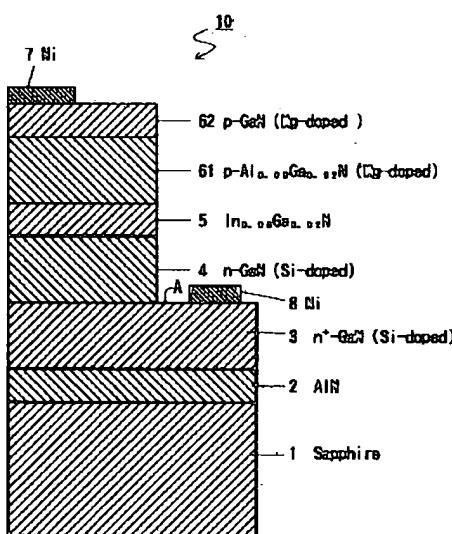
5…発光層

6.1…p層

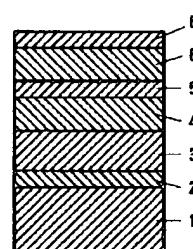
6.2…コンタクト層

7, 8…電極

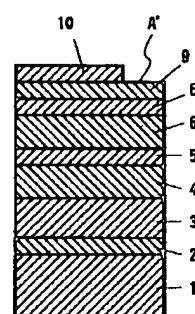
【図1】



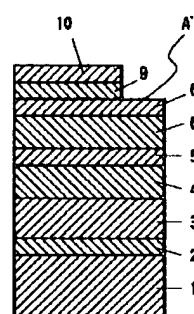
【図2】



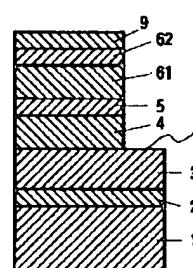
【図3】



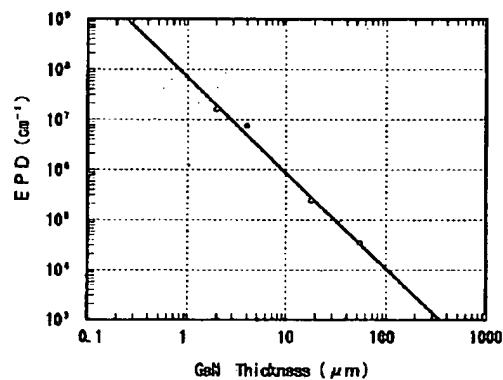
【図4】



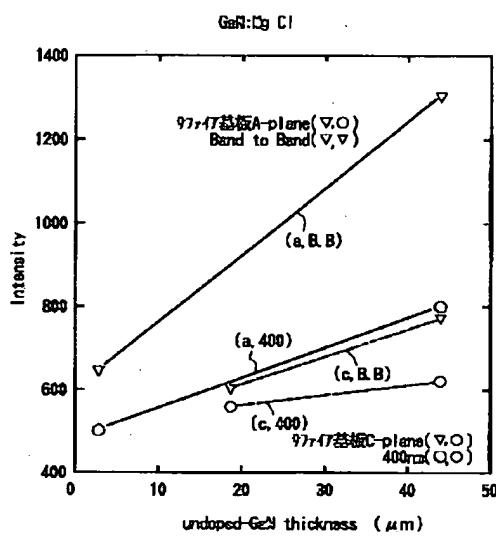
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 浅見 慎也

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 小澤 隆弘

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72)発明者 加地 徹

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内